

M

O

P



PROCEDIMIENTO PARA LA ESTIMACION
DE CRECIDAS EN CUENCAS NIVALES

TRABAJO PRESENTADO AL VII CONGRESO NACIONAL DE
INGENIERIA HIDRAULICA

PUBLICACION INTERNA EH Nº 85/10

DGA

DEPARTAMENTO
DE HIDROLOGIA

SUB-DEPTO. ESTUDIOS
HIDROLOGICOS

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERIA HIDRAULICA

VII CONGRESO NACIONAL

PROCEDIMIENTO PARA LA ESTIMACION DE CRECIDAS
EN CUENCAS NIVALES

Humberto Peña T. (1)

Fernando Escobar C. (1)

Fernando Vidal J. (2)

R E S U M E N

Se propone un método de evaluación de crecidas por derretimiento de nieves para la zona central del país, en cuencas que no dispongan de información pluviométrica. El método propuesto requiere para su uso de escasa información y su aplicación es sencilla, pudiendo ser de utilidad en la evaluación de crecidas para el diseño de obras menores donde no se justifica el empleo de procedimientos complejos, o como una primera aproximación en obras de mayor importancia.

El presente estudio está basado en diversas investigaciones realizadas en la alta cordillera de la cuenca del río Maipo.

- (1) Ingeniero Civil. Dirección General de Aguas.
- (2) Meteorólogo. Dirección General de Aguas.

1. INTRODUCCION

El cálculo de crecidas por derretimiento de nieves presenta para nuestro país un evidente interés, ya que son numerosas las obras hidráulicas, obras viales e instalaciones mineras y turísticas que se ubican en cuencas netamente nivales. Sin embargo, en la actualidad no existen procedimientos de uso sencillo para el cálculo de dichas crecidas, al menos en lugares sin control fluviométrico. Los estudios que se han publicado abordan el problema mediante la aplicación de modelos matemáticos que simulan a nivel horario los complejos procesos termodinámicos que se desarrollan en el manto nival (Espíldora y Matu rana, 1976; Luna y Stowhas, 1983), o se refieren a cuencas con medición de caudales (Stowhas, 1984).

En el presente estudio se propone un procedimiento de cálculo de crecidas por derretimiento de nieves, aplicable a cuencas cordilleranas de la zona central que no tienen control fluviométrico. Este procedimiento puede ser de utilidad para el diseño de obras menores que no justifican el uso de técnicas demasiado complejas, o como una primera aproximación en el cálculo de obras de mayor envergadura.

2. FORMULACION DEL MODELO

Con el propósito de reducir fundamentalmente la complejidad del problema y establecer procedimientos sencillos de cálculo, fue necesario formular un modelo de derretimiento y esorrentía con diversas simplificaciones e hipótesis de trabajo, las cuales conviene explicitar. Ellas son:

- La crecida se origina exclusivamente en el derretimiento de nieves y no tiene una componente pluvial.
- Se asume que la línea de nieves se ha estimado previamente y no experimenta modificaciones durante la crecida.
- No se consideran pérdidas por evapotranspiración ni por percolación hacia acuíferos profundos. Además, no se toman en

cuenta posibles cambios en el contenido de humedad del sue
lo.

- El manto nival se asume que se encuentra isoterma, a 0°C, y que no hay procesos de almacenamiento de agua de fusión en la nieve. Esto impide la aplicación del modelo a un man
to de nieve fresca, en el cual estos efectos son importan-
tes.

El modelo planteado consta de 2 partes, una correspondien-
te a la estimación de la tasa de derretimiento y otra que
se refiere a la transformación de dicho derretimiento, ge
nerado a nivel de la superficie nival, en una escorrentía
en el cauce.

En lo referente a la modelación de la escorrentía se pro
pone el esquema desarrollado para el pronóstico de cauda -
les de deshielo en el corto plazo por Peña y Nazarala
(1983), el cual supone que la cuenca se comporta como un
embalse lineal, y que su curva de vaciamiento queda repre-
sentada por una función exponencial, decreciente en el tiem
po. Las fórmulas resultantes, de acuerdo a la simbología
incluida en la figura N° 1, son:

$$QP(n) = C_1 QF(n) + C_2 QP(n-1) \quad (1)$$

$$\text{Con } C_1 = \frac{2K}{2+K(1-t_m)} \quad C_2 = e^{-K} \quad (2)$$

$$\text{además: } e^{-Kt_m} = \frac{Q_m(n)}{QP(n-1)} \quad (3)$$

Como se puede apreciar, según este esquema el comportamien
to de la cuenca queda definido por 2 parámetros, K y t_m .

Para adaptar este planteamiento al cálculo de crecidas por
deshielo, se requiere:

- i) Determinar el valor de $QF(n)$ como un derretimiento máximo de diseño.
- ii) Considerar dicho caudal de fusión constante durante n días, de acuerdo a la seguridad que se desee dar al diseño.
- iii) Si el valor de n adoptado es finito, además se debe asumir un valor del caudal máximo diario, antes de comenzar la serie de n días con derretimiento máximo.

De acuerdo a estas consideraciones, la expresión 1) se transforma en:

$$QPX = C_1 \left(\frac{C_2^n C_0}{C_1} + \frac{1-C_2^n}{1-C_2} \right) QFX \quad (4)$$

$$\text{con } C_0 = \frac{QP_0}{QFX} \quad (5)$$

Si $n \rightarrow \infty$ la expresión 4) adopta el valor:

$$QPX \text{ límite} = \frac{C_1}{1-C_2} QFX \quad (6)$$

En el punto 4 se entregan antecedentes para la estimación de los parámetros del modelo de escorrentía: K , t_m , C_0 y n .

En general el valor QFX corresponde a la fusión de superficies distribuidas en un amplio rango de elevaciones, de modo que si se divide la cuenca en bandas de igual elevación se tendrá en general:

$$QFX = \sum_{i=1}^m QFX_i = \frac{1}{86,4} \sum_{i=1}^m M_i S_i \quad (7)$$

En relación a la tasa de derretimiento M_i , conviene destacar que en las condiciones meteorológicas prevale

cientes en los meses de primavera en la Cordillera de Los Andes, frente a Santiago, existiría un valor máximo natural finito (Stowhas, 1984). Además, la experiencia cualitativa obtenida a través del control de la ablación de la nieve durante los meses de primavera-verano, indica que los días con mayores tasas de derretimiento se caracterizan por escasa presencia de viento. Como el viento interviene directamente en el aporte de energía a través de los flujos turbulentos, éstos resultan limitados y quedan definidos fundamentalmente por la temperatura del aire. Estas circunstancias significan que las tasas de derretimiento máximas se relacionan con variables meteorológicas que presentan poca variabilidad, como son los flujos radiativos y la temperatura del aire, y en consecuencia tienen valores máximos posibles, no demasiado alejados de los que se obtienen como máximo en un año cualquiera.

Para la determinación de la tasa de derretimiento máxima, se propone aplicar una de las 2 aproximaciones siguientes:

- i) Empleo de la envolvente superior trazada por sobre las mediciones directas de ablación realizadas en el Glaciar Echaurren (3.750 msnm) (Peña et al, 1984) y su extensión para otras elevaciones, mediante el uso de gradientes de la ablación con la altura, según datos medidos en terreno.
- ii) Uso de la fórmula empírica propuesta para la alta cordillera de la zona central por Peña et al (1985), que tiene la siguiente expresión:

$$M = 0,0768 \text{ BNET} + 1,10 \text{ Ta} + 4,89 \quad (8)$$

con:

$$\text{BNET} = (1-\alpha) \text{ ROCI} + 0,59 \sigma \text{ Ta}^4 - \sigma \text{ Tn}^4 \quad (9)$$

Esta expresión fue deducida con información diaria, mediante un análisis de correlaciones que entregó un coeficiente de correlación = 0,85 y un error estándar de 4,6 mm. Para el empleo de la ecuación (8) con fines de determinar una crecida de diseño, se sugiere agregar el valor del error estándar, de modo que se transforma en:

$$M = 0,0768 \text{ BNET} + 1,10 \text{ Ta} + 9,49 \quad (10)$$

En el punto 3 se entregan antecedentes acerca de ambos procedimientos de estimación de la tasa de derretimiento.

3. ANTECEDENTES PARA EL CALCULO DEL DERRETIMIENTO DIARIO DE DISEÑO

3.1 Envolvente de tasas de derretimiento medidas y gradientes de derretimiento vs elevación.

En la figura Nº 2 se presentan las mediciones diarias de derretimiento a lo largo del tiempo, efectuadas en el glaciar Echaurren - Norte (3.750 msnm), durante visitas efectuadas en el transcurso de alrededor de 10 años, con un total de casi 100 días de medición (Peña et al 1984). En ella se ha trazado una envolvente superior, la cual queda definida por algunos valores muy aislados, y una segunda curva, algo más baja que la anterior, que queda mejor definida por la nube de puntos, y que representa los derretimientos diarios máximos que se presentan con una mayor frecuencia.

Para la determinación del gradiente del derretimiento con la elevación, se recurrió a mediciones de ablación desarrolladas durante los años 1983/84 y 1984/85 a diferentes elevaciones, en la cuenca del glaciar Echaurren. Estas mediciones se efectuaron para 6 lugares distintos con elevaciones de 3.000 a 4.150 msnm. Los datos disponibles se refieren a la ablación total ocurrida durante 4 períodos, los cuales tienen una duración de 32 a 68 días.

Los resultados obtenidos se presentan en la figura N^o 3, en la cual se puede observar que el gradiente es aproximadamente constante con la altura, y presenta una variación estacional, con valores de alrededor de 1,0 mm/100 m a fines de octubre, de 1,5 mm/100 m a fines de noviembre, y de 2,0 mm/100 m a fines de diciembre.

Resulta interesante señalar que si se aplica el gradiente de 1,5 mm/100 m (gradiente que corresponde a fines de noviembre), a la tasa de derretimiento máximo probable determinada por Luna y Stowhas en un punto de la cuenca del Aconcagua con 2.700 msnm de elevación, se obtiene, a la elevación del glaciar Echaurren (3.750 msnm), una tasa de derretimiento de 38 mm/día, valor muy semejante al que entrega la envolvente superior de la figura N^o 3, y del orden de un 20% superior al valor de la curva trazada por sobre la nube de puntos.

Esta situación indicaría que la envolvente superior podría asimilarse aproximadamente a un derretimiento máximo probable, mientras que la curva inferior, más próxima a la nube de puntos, correspondería a la máxima tasa de derretimiento que se presenta todos los años.

3.2 Uso de fórmula empírica propuesta

La aplicación de la ecuación (10) requiere de la evaluación previa de las siguientes variables para las distintas bandas de igual elevación en que se subdivide la cuenca: radiación de onda corta incidente, albedo de la nieve, temperatura del aire y temperatura de la nieve. Además de estas variables, es necesario estimar un factor de corrección para tomar en cuenta la exposición de la cuenca. Siguiendo el concepto de una crecida máxima probable, esta evaluación conduce a determinar la combinación de las variables meteorológicas que, siendo físicamente posible y razonable de ocurrir en la zona, genere un derretimiento máximo. Alternativamente podría seguirse un criterio estadístico para la determinación de dichas variables. En ambos casos resulta necesaria la realización de un análisis detallado de la información meteorológica disponible en la zona de estudio. Como un complemento a dicho análisis, se entregan a continuación al

gunos antecedentes regionales de interés para la estimación de las variables mencionadas:

i) Radiación de onda corta incidente

La envolvente de las radiaciones máximas medidas a distintas elevaciones en la cuenca del río Maipo ha sido estudiada por Peña et al, 1984, con información de una duración variable entre 3 y 4 años. En dicho trabajo se determinó que para esos días existía un aumento lineal del coeficiente de transparencia, CT, (relación entre la radiación recibida y la radiación incidente al tope de la atmósfera) con la elevación. El valor del CT para 3.800 msnm fue de 0,85 con un gradiente de CT con la elevación de 0,069 cada 1.000 metros. La variación anual de este coeficiente no alcanzó el 5% (figura Nº 4).

El cálculo de la radiación incidente al tope de la atmósfera, se puede obtener fácilmente siguiendo procedimientos establecidos.

ii) Albedo de la nieve

Los albedos medidos en la zona, para nieve de la misma temporada en fusión, fluctúan entre 0,45 y 0,55, recomendándose para el cálculo de crecidas el valor de 0,45. Este valor es coincidente con el utilizado en USA con similares fines.

iii) Temperatura del aire

No existen estudios regionales de temperaturas máximas. No obstante lo anterior, se tiene antecedentes relativos al gradiente de la temperatura del aire con la elevación, durante los meses de verano, entre el Embalse El Yeso (2.475 msnm) y la estación del glaciar Echaurren-Norte (3.800 msnm). Los resultados obtenidos muestran gradientes entre $-0,75 \text{ }^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ y $-0,82 \text{ }^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$. A nivel anual en la cuenca del Maipo se han determinado gradientes de aproximadamente $-0,65 \text{ }^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$.

iv) Temperatura de la nieve

Esta variable depende fundamentalmente de la magnitud del enfriamiento nocturno. Diversas mediciones efectuadas durante el período de verano en días sin nubosidad, entregan valores de la temperatura media diaria de la superficie de la nieve variables entre -2,0 y -3,0°C.

v) Factor de corrección de la radiación de onda corta incidente debido a la exposición.

En cuencas extensas las orientaciones de las laderas son muy variadas, resultando en consecuencia factores de corrección reducidos. En la bibliografía se usa como máximo un valor de la radiación de onda corta incidente a nivel de cuenca igual a 1,1 veces la recibida en una superficie horizontal. En cuencas más simples se puede recurrir al cálculo de la radiación de onda corta incidente sobre laderas representativas, mediante las siguientes expresiones:

$$F_c = (1 - \gamma) F_d(\alpha, \lambda, \delta, \phi) + \gamma \quad (11)$$

siendo γ : razón de radiación difusa a radiación global. En días despejados de verano en la Cordillera de Los Andes, frente a Santiago se han medido valores próximos a 0,1, a 3.700 msnm.

F_d : Factor de corrección diaria, de la radiación de onda corta incidente directa.

$$F_d = \frac{\int_{-h}^h F_t \operatorname{sen} A \, dt}{\int_{-h}^h \operatorname{sen} A \, dt} \quad (12)$$

$$\text{con } F_t = \frac{\operatorname{sen} A \cos \alpha + \cos A \cos(\lambda - t) \operatorname{sen} \alpha}{\operatorname{sen} A}$$

$$\text{y } \operatorname{sen} A = \cos \delta \cos \phi \cos t + \operatorname{sen} \delta \operatorname{sen} \phi$$

En la tabla N^o 1 se entrega el factor Fc calculado en días despejados ($\gamma = 0,1$) para diversas exposiciones, a una latitud $\phi = 33^{\circ} 30'$ Sur y para el día 1^o de diciembre. Este factor tiene una variación mínima al cambiar la fecha de cálculo entre mediados del mes de noviembre y el mes de enero, período en el cual normalmente ocurren las crecidas nivales.

TABLA N^o 1 VALORES DEL FACTOR DE CORRECCION (Fc) DE LA RADIACION DE ONDA CORTA INCIDENTE DEBIDO A LA EXPOSICION

| α | O R I E N T A C I O N | | |
|-----------------|---------------------------------|--|---------------------------------|
| | NORTE ($\lambda = 0^{\circ}$) | ESTE OESTE ($\lambda = \frac{270^{\circ}}{90^{\circ}}$) | SUR ($\lambda = 180^{\circ}$) |
| 10 ^o | 1.06 | 0.98 | 0.91 |
| 20 ^o | 1.10 | 0.95 | 0.78 |
| 30 ^o | 1.09 | 0.90 | 0.64 |
| 40 ^o | 1.06 | 0.84 | 0.47 |

4. ANTECEDENTES PARA LA ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DEL MODELO DE ESCORRENTIA.

El modelo de escorrentía propuesto requiere de la determinación de 2 parámetros, K y t_m (o C_1 y C_2) y de 2 datos iniciales, n y C_0 .

Para estimar los parámetros K y t_m , lo que en cuencas sin control sólo puede hacerse en forma indirecta, se analizaron los hidrogramas de 11 cuencas de montaña, ubicadas entre las hoyas de los ríos Limarí y Maipo, con áreas comprendidas entre los 100 y 5.000 Km². En la tabla N^o 2 se presentan los valores de los parámetros de

terminados para las distintas cuencas, y en la tabla Nº 3 se entregan valores del parámetro C_2 correspondientes a algunas cuencas extranjeras, según información extraída de Martinec et al (1983).

En el presente estudio, se analizó una relación del tipo logarítmica entre el coeficiente de escorrentía C_2 (o e^{-K}) y su área drenante, la cual se presenta en la figura Nº 5, junto a los datos correspondientes a las cuencas chilenas y extranjeras. Es necesario advertir que las cuencas extranjeras se han incluido en el análisis exclusivamente por interesar su reducido tamaño, ya que sus demás características (cobertura vegetal, proporción de rocas, elevación) diferentes de las nacionales, harían esperar a priori un comportamiento no comparable (vaciamiento más lento).

En la figura Nº 5 se determinó entre las variables la tendencia media y una envolvente inferior, que representa las situaciones más críticas encontradas para los fines de este estudio. Ambas relaciones se expresan en forma analítica por las siguientes ecuaciones:

Tendencia media:

$$C_2 = 0,495 + 0,041 \ln A \quad (13)$$

Envolvente inferior:

$$C_2 = 0,372 + 0,050 \ln A \quad (14)$$

siendo A el área de la cuenca.

Cuando se dispone de información relativa al coeficiente de escorrentía en una cuenca cercana a la de interés, se puede utilizar como una alternativa al método anterior, la relación propuesta por Martinec et al (1983):

$$(C_2)_2 = (C_2)_1^\alpha \quad (15)$$

$$\text{con: } \alpha = \sqrt[4]{\frac{A_1}{A_2}}$$

siendo A_1, A_2 : áreas de las cuencas (1) y (2) respectivamente.

En relación al parámetro t_m , en las cuencas analizadas se obtuvieron valores entre 0,58 y 0,75 días, lo que equivale a un desfase entre el caudal máximo y el mínimo de 14 a 18 horas, no observándose una relación con el tamaño de la cuenca. En este estudio se propone un valor de $t_m = 0,67$ días (16 horas), lo que corresponde a una rama ascendente del hidrograma de 8 horas. De acuerdo a la experiencia de terreno en la alta cordillera frente a Santiago, este valor coincide con la duración del período de fusión diario, ya que en las primeras horas de la mañana la energía que recibe la superficie de nieve es consumida en eliminar el almacenamiento de frío que se produce en el manto nival durante la noche.

El valor de n , número de días con la tasa de derretimiento de diseño, debe resultar de un análisis de la persistencia de las condiciones meteorológicas más favorables para la fusión y de consideraciones relativas a la seguridad exigida en el diseño. En todo caso, en una primera aproximación, se puede estimar que un valor de n razonable para la zona central pudiera estar entre 3 y 5 días, para obras que no exigen un margen de seguridad muy elevado.

El valor de C_o , cociente entre el caudal máximo del día inicial y el caudal de fusión de diseño, puede ser estimado adoptando un caudal máximo inicial igual al caudal límite obtenido con la ecuación (6), a partir de las condiciones meteorológicas medias. Por otra parte, basándose en la relación que se observa entre los derretimientos medios y extremos medidos en el glaciar Echaurren-Norte (Peña et al, 1984), se podría adoptar en una primera aproximación un valor de $C_o = 0,6$.

5. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

En los párrafos precedentes se ha presentado un procedimiento que permite la estimación de crecidas por derretimiento de nieves en cuencas sin control fluviométrico de la zona central del país, y que está basado en un conjunto de investigaciones desarrolladas en la cuenca del río Maipo. Respecto a dicho procedimiento interesa destacar los siguientes comentarios y conclusiones:

- Debido a la falta de antecedentes en relación a algunas variables básicas (como la cobertura de nieves), la validez del método propuesto, hasta el momento, sólo ha podido ser comprobada para algunos lugares y realizando algunas estimaciones, pudiéndose observar que las crecidas estimadas han sido compatibles con las efectivamente medidas.

- Será de interés la realización de campañas de medición orientadas específicamente a la comprobación general del método propuesto. Ellas deberán incluir controles de caudales, meteorológicos y de la cobertura nival.

- La confiabilidad del método está en relación directa a la confiabilidad de las investigaciones previas que le sirven de fundamento. En este sentido, sin lugar a dudas, el aspecto más crítico y que requerirá los mayores esfuerzos futuros, es la estimación de la tasa de derretimiento. En las referencias correspondientes, se hacen alcances y recomendaciones que son igualmente válidas en el presente estudio.

- No obstante las limitaciones que se han indicado, se espera que el método propuesto presente evidentes ventajas para su aplicación en Chile, por su simplicidad y por estar basado en mediciones efectuadas en la zona de interés.

B I B L I O G R A F I A

- Caviedes J. Inventario de Glaciares en la Hoya del Río Cachapoal y Predicción de la Escorrentía del Deshielo. Andes Centrales. Tesis de Grado para optar al Título de Geólogo. U. de Chile, 1979.
- Corps of Engineers, U.S. Army. Snow Hydrology. Portland, Oregón, 1956.
- Espíldora B. y Maturana C. Método para la Determinación de la Crecida Máxima Probable por Deshielo. VII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Santiago, Chile, 1976.
- Lliboutry L. Traité de Glaciologie. Masson et Cia, Editeurs, Paris, 1965.
- Martinec J., A. Rango y E. Major. The Snowmelt-Runoff Model (SRM) User's Manual. NASA, Reference Publication 1.100, 1983.
- Peña H. y B. Nazarala. Pronóstico de Caudales de Deshielo en el Corto Plazo. VI Congreso Nacional de Ingeniería Hidráulica, 1983.
- Peña H., F. Vidal y C. Salazar. Balance Radiativo del Manto de Nieve en la Alta Cordillera de Santiago. Jornadas de Hidrología de Nieves y Hielos en América del Sur, 1984.
- Peña H., F. Vidal y F. Escobar. Caracterización del Manto Nival y Mediciones de Ablación y Balance de Masa en Glaciar Echaurren Norte. Jornadas de Nieves y Hielos en América del Sur, 1984.
- Peña H., F. Vidal y F. Escobar. Estimación de Tasas de Derretimiento de Nieves. VII Congreso Nacional de Ingeniería Hidráulica, 1985.
- Sarmiento P. Energía Solar. Aplicaciones e Ingeniería. Valparaíso, Chile, 1980.
- Stowhas B. Crecidas de Deshielo. Jornadas de Hidrología de Nieves y Hielos en América del Sur, 1984.
- Stowhas B. Simulación y Maximización de Tasas de Derretimiento de Nieves. Jornadas de Hidrología de Nieves y Hielos en América del Sur, 1984.

S I M B O L O G I A

| | |
|------------------|--|
| $QP(n), QP(n-1)$ | : Caudales máximos en el cauce de los días n y $n-1$, respectivamente (m^3/s). |
| $Qm(n)$ | : Caudal mínimo en el cauce del día n (m^3/s). |
| QPo | : Caudal máximo diario inicial (m^3/s). |
| $QF(n)$ | : Caudal de fusión del día n (m^3/s). |
| QPX | : Caudal máximo instantáneo de crecida (m^3/s). |
| QFX | : Caudal de fusión correspondiente a la tasa de derretimiento máxima de diseño (m^3/s). |
| $QFXi$ | : Caudal de fusión en la banda i (m^3/s). |
| Mi | : Tabla de derretimiento máximo de diseño ($mm/día$), correspondiente a la banda i . |
| Si | : Superficie de la cuenca en la banda i (Km^2). |
| m | : Nº de bandas en que se dividió la cuenca. |
| K | : Parámetro de la ecuación de recesión ($día^{-1}$). |
| tm | : Tiempo que transcurre entre el caudal máximo y mínimo ($día$). |
| n | : Nº de días con un caudal de fusión QFx ($días$). |
| A | : Altitud del sol en grados. |
| $2h$ | : Horas de insolación, expresado en ángulo horario. |
| t | : Hora solar verdadera, expresado en ángulo horario. |
| \emptyset | : Latitud geográfica del lugar, signo positivo para el hemisferio norte y negativo para el sur. |
| δ | : Declinación aparente del sol. |
| α | : Inclinación de la ladera. |
| λ | : Orientación de la ladera referido al norte, medido en su sentido positivo en contra de los punteros del reloj. |

HIDROGRAMA DE DESHIELO

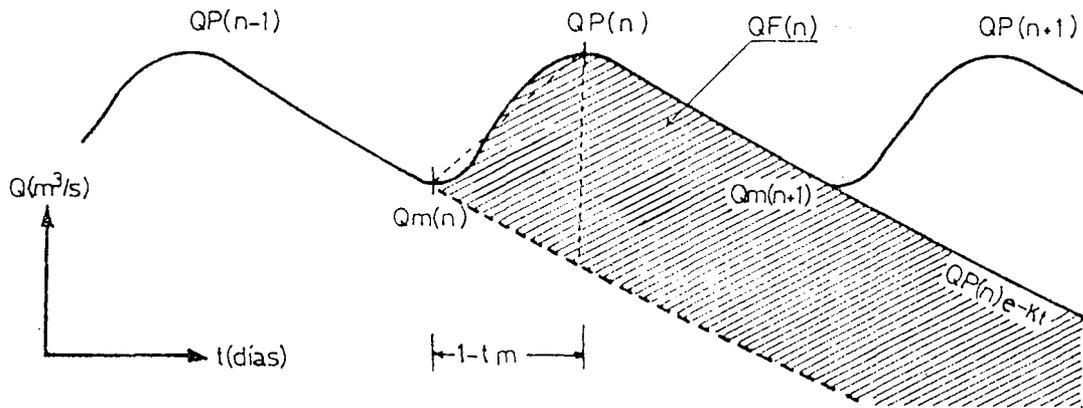


FIG. N° 1

ABLACION DIARIA GLACIAR ECHAURREN NORTE

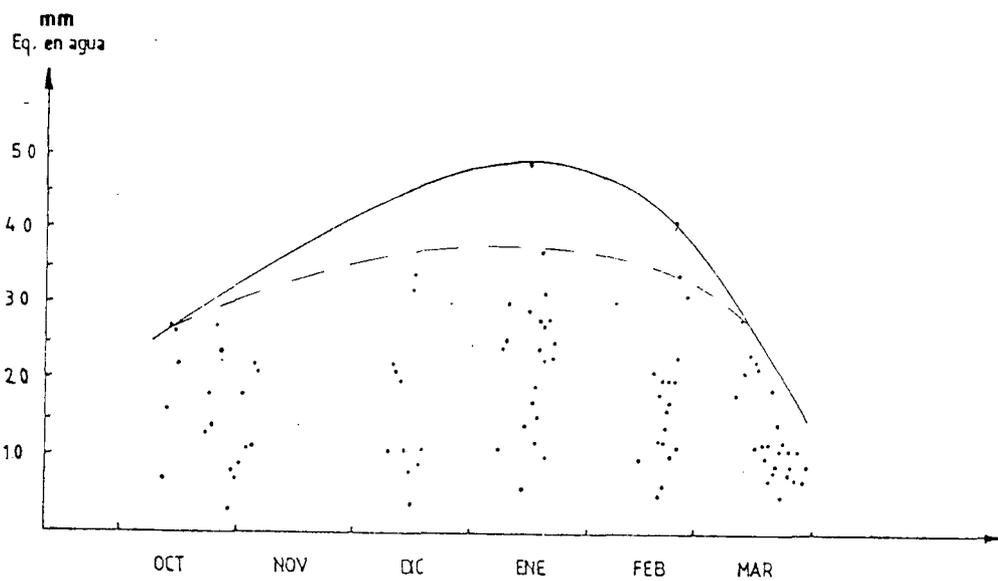
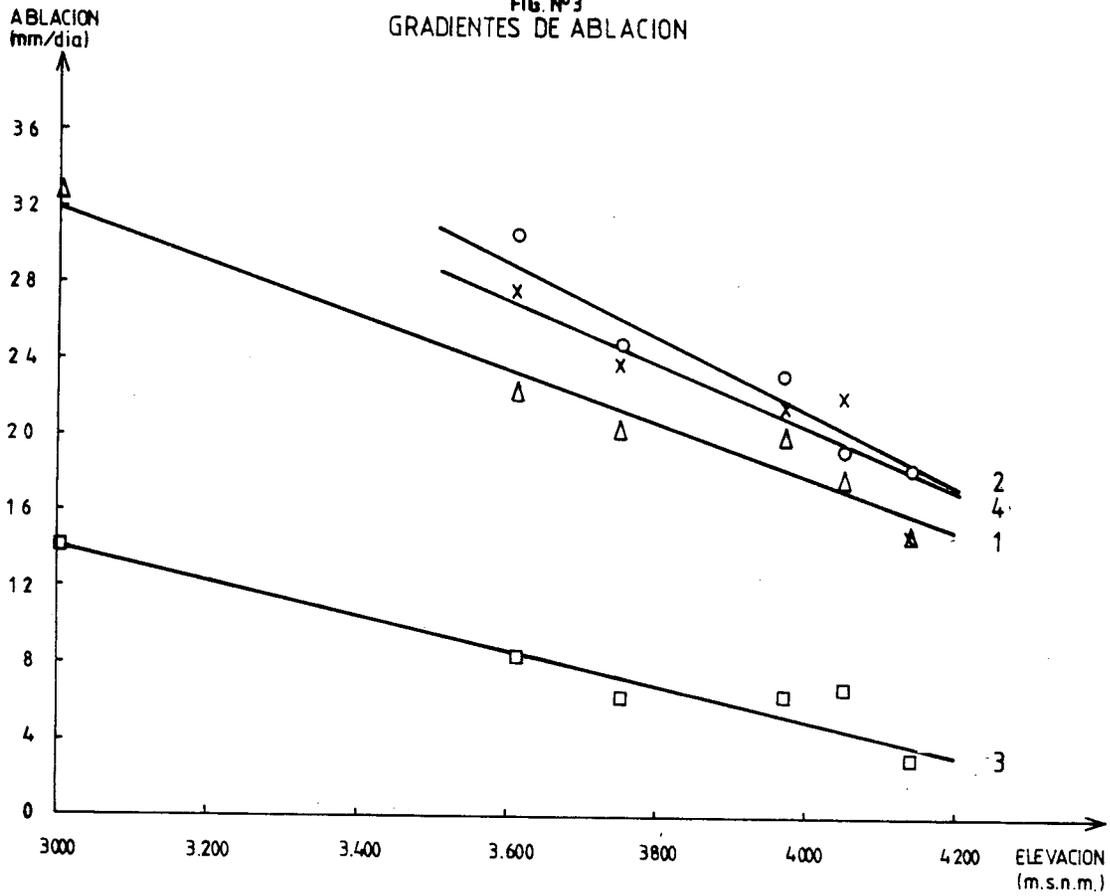


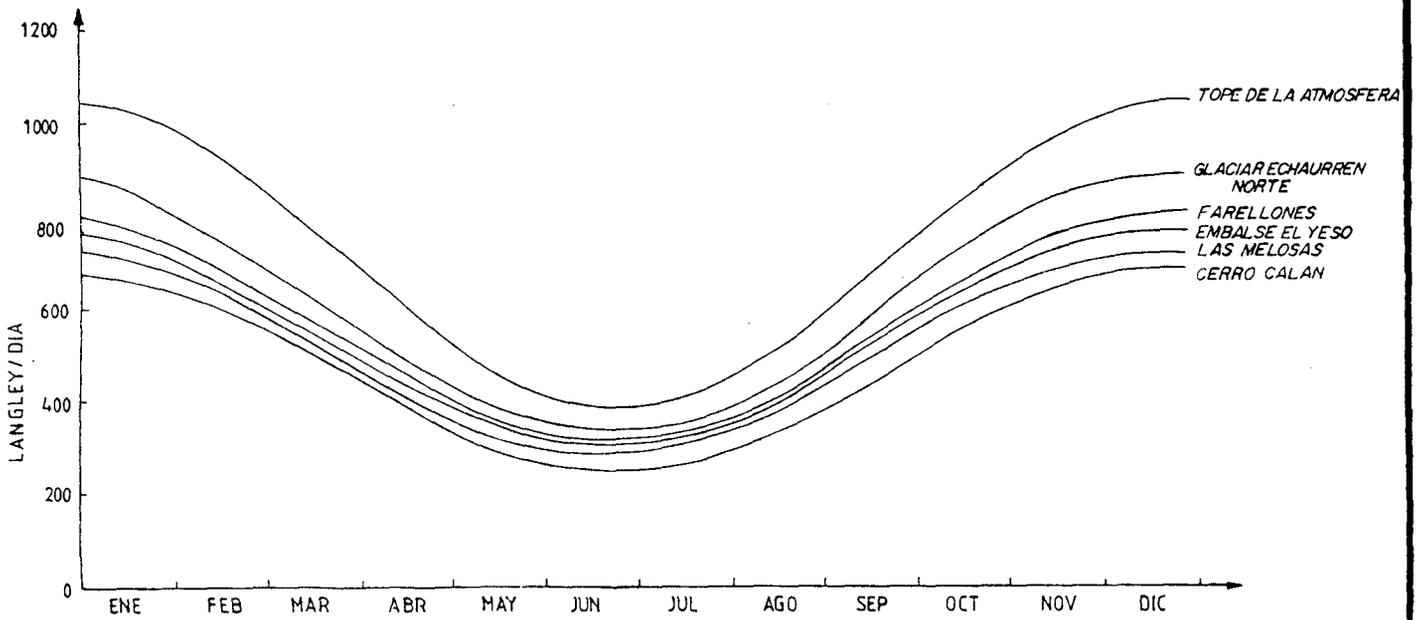
FIG. N° 2

FIG. Nº3
GRADIENTES DE ABLACION



| CURVA Nº | SIMBOLO | PERIODO | GRADIENTE mm/100m |
|----------|---------|----------------------|----------------------|
| 1 | Δ | 30/10/83 AL 17/12/83 | 1.4 |
| 2 | ○ | 17/12/83 AL 18/1/84 | 1.9 |
| 3 | □ | 12/10/84 AL 19/12/84 | 0.9 |
| 4 | x | 19/12/84 AL 15/2/85 | 1.7 |

ENVOLVENTES DE RADIACION
SOLAR GLOBAL
(A)



COEFICIENTE DE TRANSPARENCIA
(B)

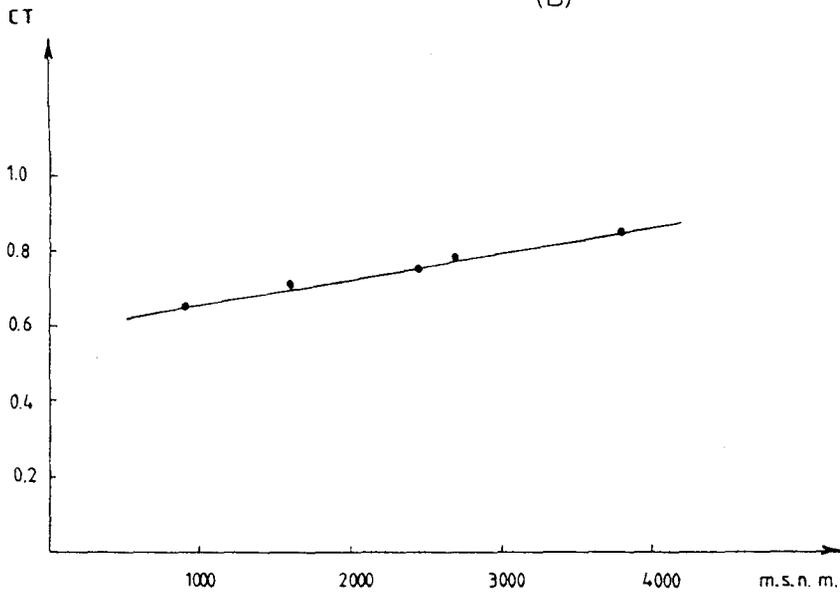


FIG. 4

Fuente: Peña et al (1984)

FIG. Nº 5
COEFICIENTE DE RECESION EN FUNCION DEL AREA DE LA CUENCA

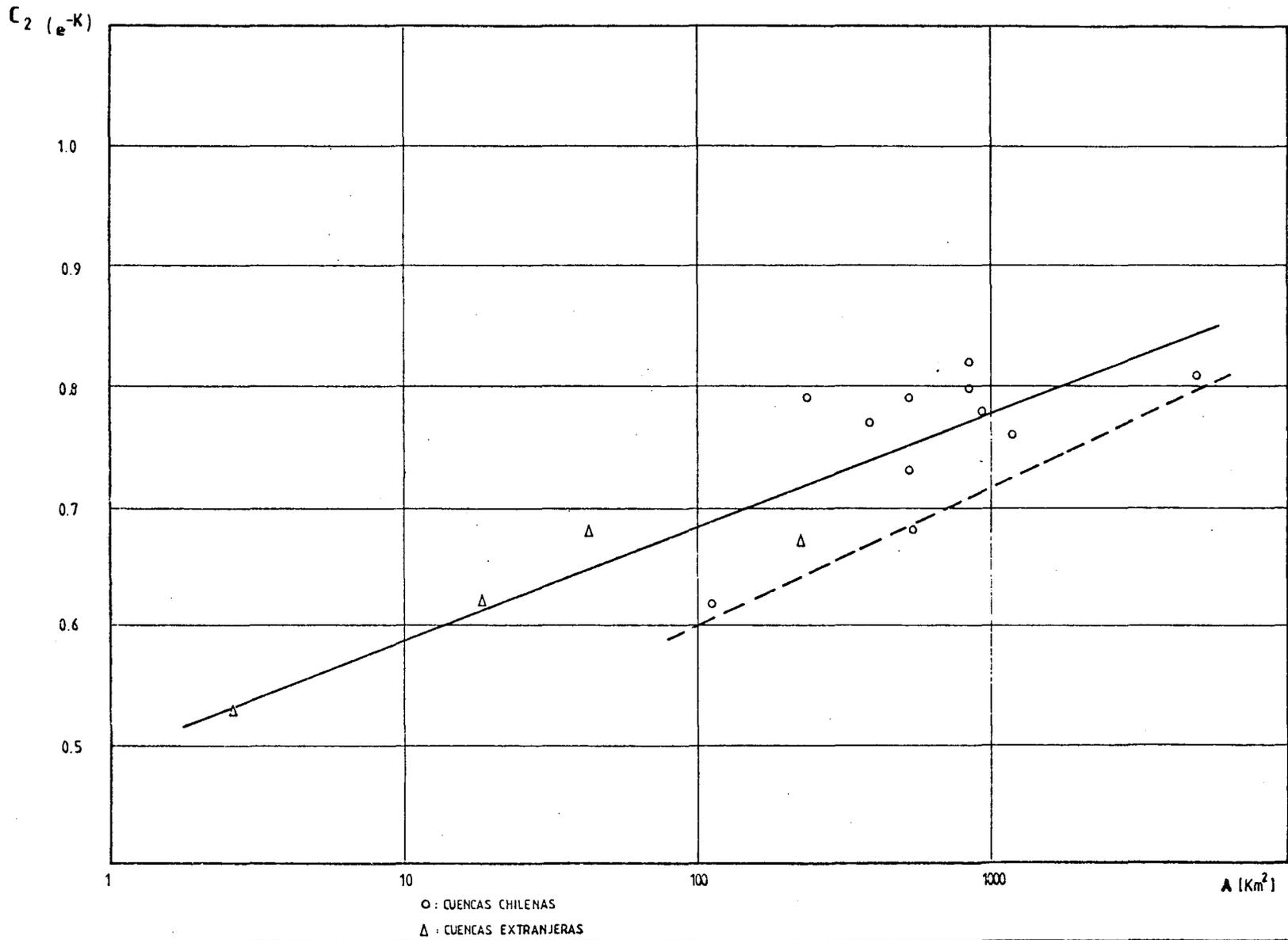


TABLA Nº 2 COEFICIENTES DE RECESION ($C_2=e^{-K}$)
 Y TIEMPO ENTRE EL $Q_{\text{máx.}}$ y $Q_{\text{mín.}}$ (t_m) DE ALGUNAS
 CUENCAS NIVALES CHILENAS

| N O M B R E | AREA | $C_2^{t_m}$ | t_m | C_2 |
|----------------------------|-------|-------------|-------|-------|
| | Km2 | - | día | - |
| Combarbalá en Ramadillas | 113 | 0,71 | 0,71 | 0,62 |
| Choapa en Cuncumén | 1.176 | 0,81 | 0,75 | 0,76 |
| Juncal en Juncal | 233 | 0,86 | 0,63 | 0,79 |
| Blanco en Río Blanco | 382 | 0,86 | 0,58 | 0,77 |
| Aconcagua en Chacabuquito | 930 | 0,85 | 0,67 | 0,78 |
| Mapocho en Los Almendros | 620 | 0,77 | 0,67 | 0,68 |
| Olivares A. de J. Colorado | 524 | 0,83 | 0,58 | 0,73 |
| Colorado A. de J. Olivares | 826 | 0,88 | 0,63 | 0,82 |
| Volcán en Queltehues | 520 | 0,86 | 0,63 | 0,79 |
| Maipo en Las Hualtatas | 828 | 0,88 | 0,58 | 0,80 |
| Maipo en El Manzano | 4.968 | 0,87 | 0,67 | 0,81 |

TABLA Nº 3 COEFICIENTES DE RECESION ($C_2=e^{-K}$)
 DE ALGUNAS CUENCAS NIVALES EXTRANJERAS
 (Rendimiento de 300 Lts/s/Km²)

| N O M B R E | AREA | C_2 |
|-------------|-------|-------|
| | Km2 | - |
| DINNOODY | 228,0 | 0,67 |
| DISCHMA | 43,3 | 0,68 |
| LAINBACHTAL | 18,7 | 0,62 |
| MODRÝ DŮL | 2,65 | 0,53 |